

Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO

Aris Doyan, Humaini

Program Studi Magister Pendidikan IPA
Program Pascasarjana Universitas Mataram
Lombok Nusa Tenggara Barat Indonesia

e-mail : arisdoyan@yahoo.co.id, humaini79@yahoo.co.id

Abstract-The aim of this research is to manufacture and characterize optical properties of ZnO thin layer which is deposited on glass substrate by sol-gel spin-coating method, through the process of growing ZnO thin layer of zinc acetate dehydrate (ZnAc) precursor on glass substrate with spin speed 2000 rpm for 30 minutes on a spin coater plate. The growth of layers by the sol-gel method of spin-coating is determined by the length of time of spin rotation which is related to the thickness of the thin layer. The Samples on the substrate in annealing at 400 °C and 500 °C for 1.5 hours to obtain a thin layer of ZnO. The obtained layer was characterized by UV-Vis test to determine the optical properties of the coating which include absorbance, transmittance, and bandgap energy. UV-Vis testing states that, the higher concentration of ZnO solution then the layer looks increasingly not transparent so that the transmittance value is smaller, otherwise the absorbance value of the layer becomes higher. This is indicated by the results obtained, at 1 M molarity concentration obtained the value of transmittance (50.40%), while at a concentration of 0.7 M obtained greater transmittance value (75.24%) at the same heating temperature 500 °C. The gap energy is a forbidden area where electrons are located between the valence bands filled by the electrons and the empty conduction bands of the electrons. With respect to the photon energy to excite the electrons, the annealing treatment will affect the magnitude of the gap energy. High annealing temperature obtained a smaller gap energy compared with lower annealing temperatures. The obtained energy gap of 2.1 eV at 400 °C annealing temperature is greater than 0.1 eV compared to the heating temperature of 500 °C at 2.0 eV.

Keywords: ZnO, sol-gel spin coating.

PENDAHULUAN

Seng oksida (ZnO) merupakan material keramik yang memiliki titik lebur mencapai 197 °C, meskipun ZnO akan terlebih dahulu mengalami dekomposisi pada suhu mendekati titik leburnya. Senyawa ZnO ini umumnya berbentuk serbuk putih hampir tidak larut dalam air tetapi larut dalam asam dan basa. ZnO bisa memiliki sifat *piezoelektrik* yang disebabkan oleh struktur kristal yang sering disebut struktur seng oksida kristal *wurtzite* (Hoffmann, et al., 2010). ZnO adalah bahan semikonduktor senyawa II-VI dengan celah pita langsung (direct band gap) lebar sekitar 3,3 eV, mempunyai struktur kristal *wurtzite* heksagonal, dengan nilai parameter kisi $a = 3,249 \text{ \AA}$ dan $c = 5,206 \text{ \AA}$ (Zhang, et al. 2006). Oleh karena itu, ZnO merupakan bahan yang penting untuk laser UV dan devais optoelektronik, dan juga ZnO memiliki sifat

listrik dan optik sehingga banyak digunakan sebagai fotokonduktor dan sensor terintegrasi (Gupta, 2010).

Sifat-sifat fisik dari nano struktur ZnO, merupakan catatan penting bahwa ukuran dari material-material semikonduktor menyusut secara kontinyu menuju ke skala nanometer atau bahkan lebih kecil dan beberapa dari sifat-sifat fisik mereka mengalami perubahan-perubahan dikenal dengan efek ukuran kuantum. Pengertian sifat-sifat fisik dasar adalah penting bagi perancangan piranti-piranti yang fungsional (*functional devices*), (Baruah, 2012).

Sifat optik menentukan karakteristik film tipis yang ditentukan oleh bagaimana interaksi film dengan cahaya. Dengan mengetahui sifat optik dari suatu film tipis maka dapat diperoleh beberapa informasi seperti ketebalan, kekasaran dan

konstanta optik dari film. Konstanta optik menggambarkan bagaimana cahaya tersebut merambat melalui dan terpantul dari material. Seperti yang diketahui konstanta optik dapat dihubungkan dengan parameter yang lain, di antaranya komposisi dan *band gap*. Sifat optik dari ZnO dapat diketahui dari spektrum refleksi, transmisi dan absorpsinya. Spektrum transmisi menunjukkan fungsi transmisi terhadap panjang gelombang. Spektrum absorpsi menunjukkan fungsi koefisien absorpsi terhadap energi foton cahaya. Nilai transmisi film tipis diperoleh dalam bentuk spektrum transmisi (dalam %) terhadap panjang gelombang (λ). Selain itu dapat diketahui juga dalam bentuk reflektansi (dalam %) terhadap panjang gelombang (λ). Reflektansi tersebut diperoleh manakala substrat yang digunakan bersifat reflektif (seperti Si) (Lawrence *et al*, 1998)

Data transmitansi dapat diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang merupakan perbandingan antara intensitas cahaya setelah melewati material semikonduktor yang akan ditentukan besar transmitansinya dengan intensitas cahaya mula-mula yang ditembakkan pada material semikonduktor, yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$T = \frac{I}{I_0} \dots\dots\dots(1)$$

dengan asumsi bahwa besarnya intensitas radiasi berkurang secara eksponensial terhadap ketebalan film sehingga dapat dinyatakan dalam Persamaan sebagai berikut:

$$I = I_0 \exp (-\alpha b) \dots\dots\dots(2)$$

atau

$$\frac{I}{I_0} = \exp (-\alpha b) \dots\dots\dots(3)$$

dengan I_0 adalah intensitas cahaya mula-mula yang mengenai sampel, I adalah intensitas cahaya yang ditransmisikan setelah melewati bahan (sampel) dan b adalah ketebalan film. Data transmitansi yang diperoleh dengan menggunakan spektrum UV-Vis selanjutnya dihitung besarnya koefisien absorbansi optik dengan mensubsitusikan

$E = hc/\lambda$ dalam Persamaan (2) sehingga diperoleh Persamaan sebagai berikut:

$$T = e^{-\alpha b} \dots\dots\dots(4)$$

$$-\alpha b = \ln T \dots\dots\dots(5)$$

$$\alpha = \frac{-\ln T}{b} \dots\dots\dots(6)$$

dengan α merupakan koefisien absorbansi optik. Dari data energi cahaya yang digunakan dalam pengukuran transmitansi dan besarnya koefisien absorbansi optik, dapat dibuat grafik hubungan antara energi foton terhadap kuadrat dari koefisien absorbansi (α^2), yang selanjutnya disebut sebagai grafik absorbansi, dari kurva pada grafik absorbansi ini dapat ditentukan lebar celah pita energi (Lawrence *et al*, 1998).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: *zinc acetate dehydrate* ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), mono etanolamine (MEA: $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$), dan substrat kaca. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah thermometer, gelas ukur, *hotplate magnetic stirrer*, *spin coater*, tungku (*furnace*), spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan Lapisan Tipis ZnO

Secara umum, penelitian dilakukan melalui empat tahap. Tahap pertama, proses pembuatan *sol gel* seng oksida. Tahap kedua yaitu deposisi lapisan tipis seng oksida di atas substrat kaca dengan teknik *spin coating*. Tahap ketiga yaitu karakterisasi dan pengujian sifat optik lapisan tipis seng oksida. Tahap keempat yaitu pengolahan data dan analisis.

Film ZnO dibuat pada substrat kaca dengan metode *spin coating* melalui proses *sol-gel*. Mekanisme pembuatan *sol-gel* pertama-tama dibuat sol ZnO dari larutan *zinc acetate dehydrate* ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dilarutkan kedalam larutan *etanol* ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), dan mono *etanolamine* (MEA: $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$) pada temperatur ruang dengan

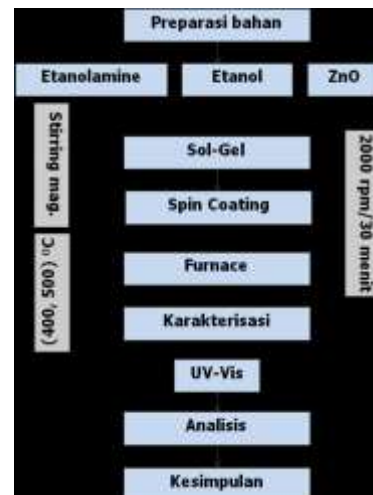
variasi konsentrasi dari *zinc acetate* 0,7 M, 0,9 M, dan 1,0 M dan perbandingan molar dari MEA dan ZnAc yaitu 1:1. Kemudian larutan diaduk menggunakan pengaduk magnetic stirrer pada temperature $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit hingga didapatkan larutan yang homogen.

Proses deposisi lapisan tipis ZnO di atas substrat kaca ini menggunakan teknik *spin-coating*. Sebelum proses deposisi, substrat kaca dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan pengotor organik seperti lemak dan minyak. Substrat kaca dimasukkan kedalam gelas berisi campuran air dan detergen, kemudian digetarkan dengan *sheker* selama 30 menit, dibilas dengan air hingga bersih kemudian dimasukkan kembali kedalam gelas beker berisi alkohol dan digetarkan dengan *sheker* selama 30 menit. Substrat dikeringkan dalam *furnace* dengan suhu 100°C selama 1 jam, selanjutnya disimpan dalam klip plastik.

Substrat kaca yang telah kering ditetesi bahan *sol-gel* yang sudah dibuat kira-kira 2 sampai 4 tetes. Kemudian di *spin* selama 30 menit dengan kecepatan putar 2000 rpm. Setelah permukaan substrat terlapisi secara merata, selanjutnya substrat dikeringkan dalam *furnace* pada suhu 400°C , 500°C , dan 600°C selama 1,5 jam yang bertujuan untuk menghilangkan residu pada lapisan yang dapat berupa air, pelarut etanol dan MEA, serta memfasilitasi perubahan ZnOH menjadi ZnO (Doyan A. et al., 2017).

Karakterisasi Lapisan Tipis ZnO

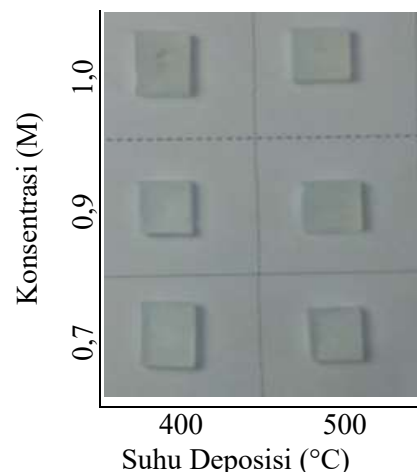
Untuk mengetahui sifat dan kualitas lapisan tipis ZnO dilakukan pengujian karakterisasi terhadap lapisan tipis yang diperoleh. Proses pengujian sifat optik lapisan tipis ZnO dengan berbagai variasi molaritas dilakukan dengan menggunakan alat *UV-Vis Spectroscopy* untuk memperoleh nilai transmitansi dan absorbansi pada rentang panjang gelombang ultraviolet sampai cahaya tampak. Data nilai transmitansi akan digunakan pula untuk menentukan celah pita optik lapisan tipis ZnO. Skema penelitian ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur kerja penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

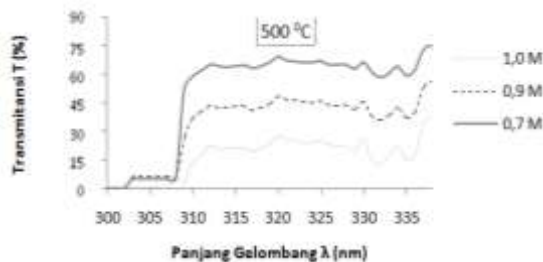
Proses deposisi lapisan tipis ZnO dilakukan melalui tiga tahap yaitu pembuatan *gel* seng oksida, dilanjutkan pelapisan dengan teknik *spin coating* di atas substrat kaca dan disinterring lapisan tipis dengan menggunakan *furnace* pada suhu 400°C , 500°C , dan 600°C selama 1,5 jam. Proses deposisi dilakukan dengan variasi konsentrasi larutan sebesar 0,7 M, 0,9 M, dan 1,0 M. Hasil lapisan tipis ZnO pada substrat kaca tampak seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Lapisan tipis ZnO pada substrat kaca

Berdasarkan hasil deposisi pada substrat kaca seperti pada gambar 2 di atas menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka Nampak lapisan semakin tidak transparan sehingga transmitansi lapisan akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin tidak transparan suatu lapisan atau semakin besar konsentrasinya, maka atom penyusunnya akan semakin padat mengakibatkan tumbukan partikel cahaya dengan atom-atom penyusun lapisan akan semakin sering sehingga sulit bagi cahaya untuk dapat melewati lapisan.

Grafik transmitansi lapisan tipis ZnO menggunakan Spektroskopi UV-Vis ditunjukkan pada gambar 3. Hasil pengujian sifat optik lapisan tipis ZnO secara umum menunjukkan bahwa kenaikan transmitansi terjadi pada saat lapisan tipis ZnO dikenai spektrum cahaya tampak pada panjang gelombang 302 – 310 nm. Perbedaan konsentrasi larutan juga mempengaruhi kenaikan nilai transmittansi.

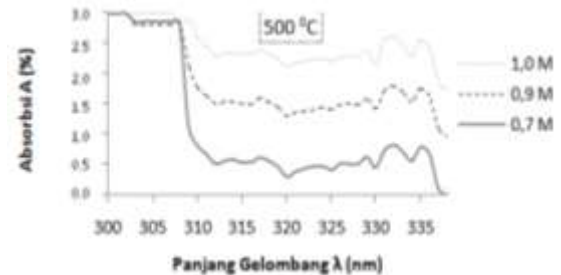


Gambar 3. Grafik spektrum transmitansi (T%) sebagai fungsi panjang gelombang (λ)

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil pengujian transmitansi pada lapisan tipis ZnO terjadi penurunan nilai transmitansi pada panjang gelombang 310 – 400 nm karena sinar UV memiliki nilai panjang gelombang pada sekitar 400 nm, sehingga pada panjang gelombang tersebut cahaya UV yang dipancarkan akan sedikit dilewatkan oleh lapisan. Ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Dalam suatu molekul yang memegang peran penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi) jika dikenai suatu energi. Jika zat

menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik.

Spektrum absorbansi UV-Vis lapisan tipis ZnO dengan variasi konsentrasi larutan ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik spektrum absorbansi (A%) sebagai fungsi panjang gelombang (λ)

Pada rentang panjang gelombang cahaya tampak, nilai absorbansi minimum dan konstan terjadi pada panjang gelombang 310 nm sampai 800 nm, dengan absorbansi mencapai 0,1. Grafik 4 menunjukkan bahwa nilai absorbansi optik lapisan tipis ZnO baik pada suhu deposisi 400 °C maupun 500 °C untuk rentang panjang gelombang 300-800 nm mengalami peningkatan diikuti dengan penambahan konsentrasi. Jadi, semakin tinggi konsentrasi lapisan tipis ZnO, maka semakin tinggi nilai absorbansi optiknya, hal ini dikarenakan banyaknya atom-atom bahan yang terlibat dalam proses penyerapan berkas cahaya.

Nilai absorbansi optik terendah dan tertinggi lapisan tipis ZnO pada rentang panjang gelombang 300-800 nm untuk variasi konsentrasi dan variasi suhu deposisi dapat dilihat pada Tabel 1.

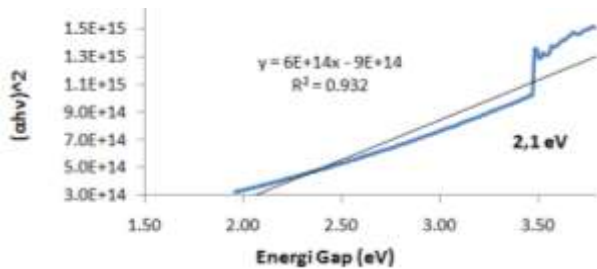
Tabel 1. Nilai absorbansi optik lapisan tipis ZnO

Konsentrasi ZnO	Nilai Absorbansi Terendah (%)		Nilai Absorbansi Tertinggi (%)	
	Suhu 400°C	Suhu 500°C	Suhu 400°C	Suhu 500°C
0,7 M	0,1	0,1	2,6	2,7
0,9 M	1,0	0,8	2,8	2,9
1,0 M	1,8	1,6	3,0	3,0

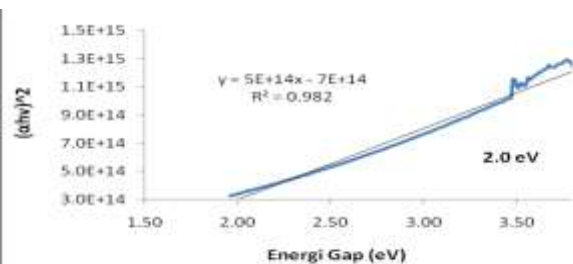
Tabel 1, menunjukkan lapisan tipis ZnO dapat mengabsorbansikan cahaya tampak (300-800 nm) untuk konsentrasi 0,7 M, 0,9 M, dan 1,0 M

pada suhu 400 °C dengan nilai terendah dan tertinggi masing-masing adalah (0,1, 2,6 %), (1,0, 2,8 %), (1,8, 3,0 %), sedangkan lapisan tipis ZnO dapat mengabsorbansikan cahaya tampak (300-800 nm) untuk konsentrasi 0,7 M, 0,9 M, 1,0 M pada suhu 500 °C dengan nilai terendah dan tertinggi masing-masing adalah (0,1, 2,7 %), (0,8, 2,9 %), (1,6, 3,0%). Dengan demikian, nilai absorbansi optik tertinggi dari lapisan tipis ZnO adalah 3,0 % yaitu pada kondisi konsentrasi larutan ZnO 1,0 M dan suhu deposisi 500 °C. Sedangkan nilai transmitansi optik terendah dari lapisan tipis ZnO adalah 0,6 % yaitu pada kondisi konsentrasi larutan ZnO 0,7 M dan suhu deposisi 400 °C.

Pengukuran celah pita energi suatu bahan semikonduktor perlu diketahui, karena sifat celah pita energi berimplikasi pada perbedaan sifat kebergantungan koefisien absorbansi terhadap frekuensi foton (Mikrajudin, 2010). Celah pita energi lapisan tipis ZnO diperoleh melalui pengeplotan data absorbansi menggunakan persamaan transisi langsung (*direct bandgap*) (Kusnandar, 2013). Grafik plot antara $(\alpha h\nu)^2$ dengan $h\nu$ ditunjukkan pada gambar 5. Dengan perpotongan grafik dan sumbu datar menunjukkan lebar celah pita energi.



Gambar 5. Grafik $(\alpha h\nu)^2$ sebagai fungsi energi gap lapisan tipis ZnO suhu 400 °C pada 0,7M



Gambar 6. Grafik $(\alpha h\nu)^2$ sebagai fungsi energi gap lapisan tipis ZnO suhu 400 °C pada 1,0M

Energi gap menunjukkan pergerakan elektron dalam melintasi pita valensi menuju pita konduksi. Dari Gambar 5 dan gambar 6 diperoleh bahwa lebarnya celah energi (E_g) semakin kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi lapisan dan nilai absorbansi yang semakin meningkat sehingga energi yang diserap oleh bahan semakin banyak dan menyebabkan nilai energi gap menurun. Walaupun perubahan penurunan celah energi sangat kecil yaitu berada pada kisaran rentang nilai 0,1 - 0,5 eV. Rentang energi gap untuk masing-masing sampel tidak terlalu jauh karena rentang konsentrasi molaritas yang digunakan juga berkisar 0,1 M. Hal ini mengindikasikan bahwa bila lebar celah energi berkurang, memungkinkan lebih banyak elektron yang mengalami transisi elektronik dari pita valensi ke pita konduksi sehingga lapisan tipis semakin bersifat konduktif.

KESIMPULAN

Lapisan tipis ZnO telah berhasil dideposisikan di atas substrat kaca dengan metode *sol-gel spin coating*, dengan variasi konsentrasi larutan 0,7 ; 0,9 dan 1,0 M. Absorbansi lapisan tipis ZnO mengalami peningkatan diikuti dengan penambahan konsentrasi, sebaliknya nilai absorbansi yang didapatkan semakin rendah pada suhu deposisi yang tinggi, karena suhu deposisi yang tinggi menyebabkan laju reaksi semakin cepat sehingga nilai absorbansi akan semakin rendah. Energi (E_g) semakin kecil seiring dengan bertambahnya konsentrasi lapisan dan nilai absorbansi yang semakin meningkat sehingga energi yang diserap oleh bahan semakin banyak dan menyebabkan nilai energi gap menurun, dengan menurunnya energi gap yang diperoleh 0,1 - 0,5 eV termasuk pada bahan semikonduktor

DAFTAR PUSTAKA

Baruah S., Samir K. P., Dutta J. Nanostructured Zinc Oxide for water treatment, Nanoscience and nanotechnology Asia, 2012, Vol.2, No.2

- Doyan A., Susilawati, Fitri S.A., Ahzan A. 2017, *Crystal Structure Characterization of Thin Layer Zinc Oxide*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 196 (2017) 012004 doi:10.1088/1757-899X/196/1/012004
- Doyan, A., Susilawati, Yanika D.I., 2017. *Synthesis and Characterization of SnO₂ thin layer with a doping Aluminum is deposited on Quartz Substrates. The 6th International Conference On Theoretical And Applied Physics (Ictap-2016)*. September 19-21, 2016, Makassar, South Sulawesi, Indonesia.
- Gupta.,P.K. Shishoda., A.Kapoor., et.all (2010), *Journal Of Non Crystallin Solids* 297 (p-31).
- Hoffmann A.; Claus Franz Klingshirm; Bruno K. Meyer; Andreas Waag; Johannes M. M. Geurts 2010, *Zinc Oxide: From Fundamental Properties Towards Novel Application*. Springer. Pp. 9-10. ISBN 978-3-642-10576-0
- Kusnandar A., Rachmawati H. Budi putra D.K. Suhandono S., 2013. *Curcumin Nanoemultion for transdermal application: formulation and evaluation*, Proceedings Workshop Nanotechnology, Des 2013 Vol. 1, No.1, ISSN : 2356 - 3303
- Lawrence, H Robins, Jeremiah R. Lowney, and Dennis K. Wickenden. 1998. *Chatodoluminescence, and Optikal Absorbance Spectroscopy of Aluminium Gallium Nitride (Al_xGa_{1-x}N) film*. Jurnal mater. Res. Vol.13. no. 9 sep 1998
- Mikrajuddin Abdullah. dan Khairurrijal, 2010, *Karakterisasi Nanomaterial*, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi, Vol.2, No. 1, ISSN 1979-0880
- Zhang, W., Duan, L., Lin, B., Zhong, S., Fu, Z., 2006, *Enhancement Of Ultraviolet Emissions From Zno Film By Ag Doping*. Appl. Phys. Lett. **88**, 232110 (2006); doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2211053>